



**Kandidatarbeten  
i Skogsvetenskap**  
Fakulteten för skogsvetenskap

**2020:26**

## **Utvärdering av Sennebogen 830E och Svetruck TMF 12/9 vid rundvirkesterminal** – En analys mellan två maskinsystem

---

*Evaluation of Sennebogen 830E and Svetruck TMF 12/9 at a  
round wood terminal – An analysis between two machine  
systems*

Martin Sedin & Karl Sterner

Självständigt arbete i skogsvetenskap • 15 hp  
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Jägmästarprogrammet  
Umeå 2020



# Utvärdering av Sennebogen 830E och Svetruck TMF 12/9 vid rundvirkesterminal – En analys mellan två maskinsystem

*Evaluation of Sennebogen 830E and Svetruck TMF 12/9 at a round wood terminal – An analysis between two machine systems*

Martin Sedin & Karl Sterner

**Handledare:** Kalvis Kons, SLU, institutionen för skogens biomaterial och teknologi

**Examinator:** Tommy Mörling, SLU, institutionen för skogens ekologi och skötsel

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Grundnivå, G2E

**Kurstitel:** Kandidatarbete i skogsvetenskap

**Kurskod:** EX0911

**Program/utbildning:** Jägmästarprogrammet

**Kursansvarig inst.:** Institutionen för skogens ekologi och skötsel

**Utgivningsort:** Umeå

**Utgivningsår:** 2020

**Serietitel:** Kandidatarbete i Skogsvetenskap

**Delnummer i serien:** 2020:26

**Omslagsbild:** Martin Sedin

**Nyckelord:** Rundvirkesterminal, tidsstudier, Sennebogen, Svetruck, materialhanterare, produktivitetsnorm, kostnadskalkyl

**Sveriges lantbruksuniversitet**

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

## Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

# SAMMANFATTNING

Syftet med arbetet var att jämföra timmerhanteringsmaskinerna Svetruck TMF 12/9 och Sennebogen 830E. De studerades under de förutsättningar som fanns inom en rundvirkesterminal, där timmerhanteringsmaskinerna analyserades som två olika maskinsystem. Maskinsystem A bestod av två Svetruck TMF 12/9 och maskinsystem B bestod av en Svetruck TMF 12/9 och en Sennebogen 830E. Dessa maskiner är intressanta att jämföra eftersom de bygger virkestravar på olika höjder och arbetar med materialet på olika sätt. Problemet med timmerhanteringsmaskiner på virkesterminaler är avsaknaden på studier om produktivitet, kostnader och hur maskinerna arbetar tillsammans. Arbetet ska bidra till att utöka litteraturen om terminaler. Arbetet är viktigt eftersom det kommer hjälpa investerare att fatta beslut om maskinsystem vid terminaler samt att anpassa terminaler efter det maskinsystemet de väljer. I arbetet utförs tidsstudier på inspelat material vid Tövaterminalen utanför Sundsvall. Utifrån tidsstudierna kunde regressionsanalyser utföras för att skapa produktivitetsnormer.

Varje timmerhanteringsmaskin utrustades med kameror för inspelning i ungefär 1,5 timmar. Materialet studerades utifrån de olika arbetsmoment timmerhanteringsmaskinerna genomförde. Det data analyserades sedan i programvaran MINITAB (Version 19.2) för att hitta samband med hjälp av regressionsanalyser. Regressionsanalyserna användes sedan till att skapa produktivitetsnormer vilket resulterade i produktivitet för respektive maskinsystem. Utöver det genomfördes kostnadskalkyler för att ge bredare förståelse om de olika maskinsystemen. Slutligen kunde en brytpunkt visa vilken körsträcka mellan travarna då maskinsystemen var likvärdiga sett till produktivitet ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) och kostnad ( $\text{kr}/\text{m}^3$ ).

Resultatet visade att maskinsystem A var både produktivare och mer kostnadseffektivt än maskinsystem B, utifrån förutsättningarna på Tövaterminalen. Maskinsystemen var lika produktiva om körsträckan var 95 meter och lika kostnadseffektiva om körsträckan var 71 meter. Om körsträckan kortades ner blev maskinsystem A mer produktiv och kostnadseffektivt men om körsträckan förlängdes gynnades maskinsystem B.

*Nyckelord:* Rundvirkesterminal, tidsstudier, Sennebogen, Svetruck, materialhanterare, produktivitetsnorm, kostnadskalkyl

# ABSTRACT

The reason with this study was to compare the material handling machines; Svetruck TMF 12/9 and Sennebogen 830E. These two machines were studied under the conditions at a round wood terminal in which the machines were analyzed as two separated machine systems. Machine system A was two Svetruck TMF 12/9 and machine system B was one Svetruck TMF 12/9 with one Sennebogen 830E. Comparing these machine systems is interesting due to their differences in building log piles and for investors, to help them decide what machine system to choose. The problem with material handlers at round wood terminals is the lack of studies regarding productivity, costs and how the machines work together. This study could be a good complement to the literature about terminals. The data in this study is based on work samples from recorded material at Tövaterminalen, Sundsvall. From the work samples, a regression analysis was made to build productivity models.

Both material handlers at Tövaterminalen were equipped with video cameras to create recorded material for about 1,5 hours. The material was studied from the different operations, which the material handlers performed. Data gathered in the recorded material were later used in the program MINITAB (Version 19.2) to find connection by doing regression analysis. The regressions analyses were later used to build productive models, which further were used to determine the productivity for the machine systems. Cost calculations were also made as complement to the productivity. Later a breakpoint was found that described the length of the transport distance between log piles, when the productivity ( $\text{m}^3\text{fub/h}$ ) and later the cost ( $\text{kr/m}^3\text{fub}$ ), were the same for the machine systems.

The result showed that machine system A was both more productive and cost efficient than machine system B, at Tövaterminalen. The machine systems had the same productivity if the transport distance between log piles was 95 meters. The machine systems had the same cost if the transport distance between log piles was 71 meters. If the transport distance between log pile was reduced, machine system A became more productive and cost efficient. If the transport distance between log piles was increased, system B became more productive and cost efficient.

*Key words:* Round wood terminal, work samples, Sennebogen, Svetruck, material handler, productivity model, cost calculations

# FÖRORD

Under arbetets gång har vi fått mycket stöd från vår handledare Kalvis Kons och vi vill tacka honom för trevliga möten och goda diskussioner. Ett stort tack till de anställda vid Rolf Antonssons Entreprenad AB och till SCA för att vi fått studera deras verksamhet i Sundsvalls kommun.

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>Förkortningar .....</b>	<b>9</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>10</b>
1.1. Bakgrund .....	10
1.2. Tövaterminalen .....	11
1.3. Materialhanterare .....	14
1.3.1. Generellt om materialhanterare .....	14
1.3.2. Svetruck TMF 12/9 .....	15
1.3.3. Sennebogen 830E .....	16
1.4. Arbetsstudier .....	17
1.5. Problemformulering .....	18
1.6. Syfte och frågeställningar .....	18
1.7. Avgränsningar .....	19
<b>2. Material och metod .....</b>	<b>20</b>
2.1. Förstudier .....	20
2.2. Intervju med entreprenörer .....	20
2.3. Datainsamling vid Tövaterminalen .....	21
2.4. Databearbetning .....	21
2.4.1. Tidsstudier .....	21
2.4.2. Kostnadskalkyl .....	26
2.5. Dataanalysering .....	27
2.5.1. Produktivitetsnorm .....	27
<b>3. Resultat .....</b>	<b>30</b>
3.1. Databearbetning .....	30
3.1.1. Arbetsmoment .....	30
3.1.2. Påverkansvariabler .....	31
3.1.3. Mängd rundvirke i gripen .....	32
3.1.4. Kostnadskalkyl .....	33
3.2. Dataanalysering .....	34
3.2.1. Resultat från regressionsanalyser .....	34
3.2.2. Produktivitetsnorm Svetruck TMF 12/9 .....	35
3.2.3. Produktivitetsnorm Sennebogen 830E .....	36

3.2.4.	Maskinsystemens produktivetsmodell och kostnad .....	37
3.2.5.	Jämförelse mellan maskinsystemen.....	37
3.2.6.	Maskinsystemens brytpunkter .....	38
<b>4.</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>40</b>
4.1.	Datainsamling.....	40
4.2.	Produktivitet och kostnader .....	40
4.3.	Justering av material .....	42
4.4.	Svagheter i studien .....	43
4.5.	Framtida studier.....	44
4.6.	Slutsats .....	44
	<b>Referenser.....</b>	<b>46</b>
	<b>Bilaga 1.....</b>	<b>49</b>
	<b>Bilaga 2.....</b>	<b>50</b>
	<b>Bilaga 3.....</b>	<b>51</b>



# Förkortningar

SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
Maskinsystem A	Två Sveltruck TMF 12/9
Maskinsystem B	En Sveltruck TMF 12/9 & en Sennebogen 830E

# 1. INLEDNING

## 1.1. Bakgrund

Startskottet för virkesterminaler var när flottningen utvecklades och virkesflödet gick över till användandet av lastbil och järnväg (Nilsson 2011). Skogssektorn använde sig till en början av enklare omlastningsplatser under 1950-talet när rundvirke skulle lastas om från timmerbil till tåg. Med tiden utvecklades omlastningsplatserna successivt till det vi idag kallar virkesterminaler. Främst har terminaler hanterat rundvirke men sortimentet biomassa har med tiden etablerat sig mer på terminalerna (Kardell 2004). Både vid hantering av rundvirke och biomassa kan terminaler fungera som en omlastningsplats, men även som en buffert. Med en buffert menas balansering av virket efter tillgång och efterfrågan. Terminal som omlastningsplats sköter omfördelning av rundvirke mellan tåg och lastbil (Söderström 2010). Terminaler ökar tillgängligheten på rundvirke året runt, de säkrar tillgången samt är nödvändiga för att kunna möta industrins efterfrågan. Som omlastningsplats är terminaler även en logistisk lösning för att kunna transportera rundvirke långa sträckor, med miljövänliga tåg. Terminaler bör optimeras samt varieras gällande lokalisering, lagerkapacitet och tjänster för att effektivisera både virkestransporter och lagerhållning (Gronalt & Rauch 2018).

Det finns olika typer av terminaler inom skogssektorn som används olika beroende på deras position och vilka tjänster de erbjuder. Den vanligaste terminalen inom nordisk skogsindustri är omlastningsterminaler. En omlastningsterminals primära funktion är att fungera som en "buffert" för att jämna ut variationer i virkestillgång på grund av årstider, väder eller andra skogsrelaterade orsaker. "Feed-in-terminal" är en annan typ av terminal vilken ofta är placerad nära industrin. Feed-in-terminalens huvudsyfte är att lagra rundvirke som inte får plats intill industrin, på grund av platsbrist eller miljömässiga restriktioner. En nyare typ av terminal är satellitterminaler. Satellitterminaler är ofta stora och är placerade långt från industrin. Satellitterminalens huvudsyfte är att effektivisera den råvaruförsörjning som kräver långa transportsträckor. En annan typ av terminal är industriterminaler, vilka är terminaler som ligger alldeles intill industrin och nyttjas endast av ägaren till industrin. Storleken på en

industriterminal beror bland annat på tillgängligheten till de andra terminaltyperna och deras placering i försörjningskedjan (Kons 2019).

Skogsföretaget SCA använder sig av terminaler för att effektivt och miljövänligt kunna transportera rundvirke från inlandet till industrierna vid kusten. SCA har tio egna virkesterminaler men hyr även andra terminaler vid behov. SCA:s mål är att rundvirke som transporteras ut från skogen med lastbil ska, om avståndet till industri är långt, transporteras till närmaste virkesterminal. På terminalen ska virket lastas över till tåg för att sedan transporteras till industrierna. Vissa industrier kan inte ta emot tåg och då transporteras virket med tåg till den terminal som är lokaliserad närmast industrin. Där omlastas virket till lastbil för att sedan levereras till industrierna (SCA u.å).

## 1.2. Tövaterminalen

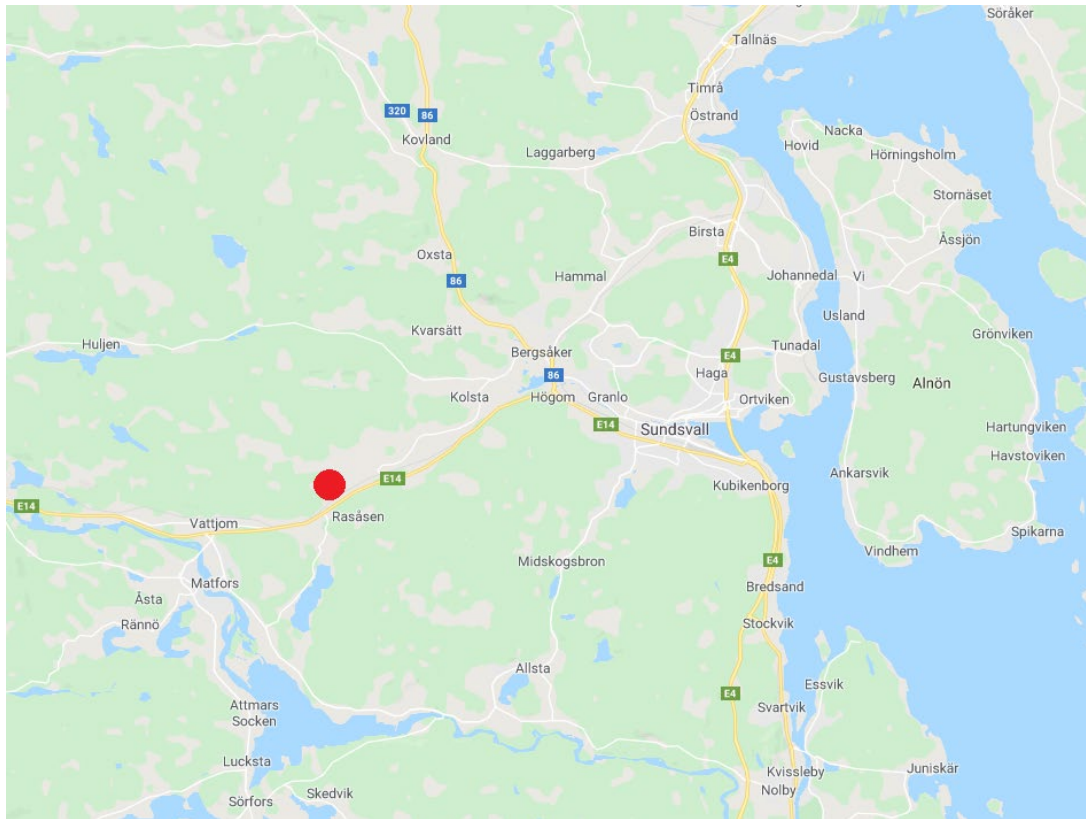
Tövaterminalen invigdes 1968<sup>1</sup> och är en av de terminaler som SCA äger. Terminalen är stationerad cirka 10 km väster om Sundsvall längs med väg E14, se figur 1. Tövaterminalen är en omlastningsterminal och med sitt strategiska läge intill SCA:s industrier fungerar även terminalen som en feed-in. Rolf Antonsson Entreprenad AB är operatör på terminalen och företaget ägs av Fredrik Antonsson. Rolf Antonsson Entreprenad AB har opererat terminalen sedan den invigdes<sup>2</sup>. Det är entreprenaden som äger alla timmerhanterare på terminalen och det är även de som ansvarar för terminalens struktur och upplägg. Det är dock SCA som styr inkommande och utgående virkestransporter. Inkommande lastbilar kör vanligtvis in på terminalen och till aktuell vält där en timmerhanterare väntar för att lossa. Terminalen har även ett järnvägsspår i den södra kanten av terminalplanen, se figur 2. Timmerhanterarna behöver således aldrig köra över tågrälsen då samtliga vältor är placerade norr om rälsen. Det är dock möjligt att korsa tågrälsen då den är nedsänkt och ligger i nivå med marken<sup>3</sup>. Att korsa tågrälsen är ingen självklarhet vilket Spjuth (2019) påvisar i sin rapport om Bastuträskterminalen.

---

<sup>1</sup> Information från Björn Andersson, SCA, 2020-03-16

<sup>2</sup> Information från Björn Andersson, SCA, 2020-03-16

<sup>3</sup> Information från intervju med Fredrik Antonsson, Rolf Antonssons Entreprenad AB, 2020-03-09



*Figur 1. Kartbild med geografisk position för Tövaterminalen. Kartbild från Google Maps.*



Figur 2. Kartbild över Tövaterminalen med tågräls som rött streck samt ingående och utgående lastbilstrafik som gröna streck. Ortofoto IR, 0,5 m tiles © Lantmäteriet.

Tövaterminalen hanterar främst sortimenten barrmassa, bränsleved och grantimmer men stundtals hanteras även lövmassa<sup>4</sup>. Drygt 80% av det ingående virket kommer med tåg från SCA:s terminaler i Östavall, Bensjö, Hoting och Krokom. Resterande volym kommer in via lastbil. Utgående rundvirke går uteslutande med lastbil till SCA:s massa- och pappersfabriker Östrand och Ortviken samt sågverket Tunadal<sup>5</sup>. Tövaterminalen har historiskt sett främst hanterat FFG (frisk färsk gran) till Ortviken på grund av avsaknaden av järnvägsspår fram till fabriken. Efter utbyggnaden av Östrand 2018 har SCA övergått till att använda terminalen för långtidslagring av barrmassaved i större utsträckning. FFG (frisk färsk gran) och sågtimmer vinterlagras i princip varje år på Tövaterminalen. Ett vinterlager innebär att rundvirke packas tätt för att sedan omslutas i en ram av massa- eller bränsleved. Det medför att temperaturen på det lagrade virket förblir kring noll grader långt in på sommaren och på så sätt hålls friskt<sup>6</sup>. Under 2019

<sup>4</sup> Information från Björn Andersson, SCA, 2020-03-16

<sup>5</sup> Information från Björn Andersson, SCA, 2020-03-16

<sup>6</sup> Information från Björn Andersson, SCA, 2020-03-16

hanterade terminalen 690 000 m<sup>3</sup>fub. Lagret innehöll som mest 250 000 m<sup>3</sup>fub färskt rundvirke och ytterligare 50 000 m<sup>3</sup>fub rötved och biomassa. På Tövaterminalen byggs vältor upp till 10 meter, då lägre vältor leder till platsbrist och högre vältor innebär rasrisk<sup>7</sup>.

## 1.3. Materialhanterare

### 1.3.1. Generellt om materialhanterare

För att kunna hantera mängden volym på en terminal krävs starka och effektiva maskiner lämpade för ändamålet och arbetsuppgiften. Arbetsuppgifterna vid en terminal kan vara mångsidiga vilket kräver dynamiska materialhanterare för att möta de olika uppgifterna. Alternativt kan uppgifterna vid terminalen vara enformiga vilket ger möjligheten att använda sig av materialhanterare designade för ett specifikt ändamål. Materialhanterare kommer i olika storlekar, prisklasser och har fästanordningar för olika redskap vilket öppnar upp för många alternativ. Valet av maskiner kan bestämmas utifrån hur stora volymer och hur långa avstånd maskinerna kommer att hantera respektive köra. För att bygga virkesvältor på höjder över 9 meter krävs specifika materialhanterare. Slutligen kan valet av materialhanterare även väljas utifrån hur tidseffektiv maskinerna är eftersom vissa terminaler kräver effektiva omlastningar på grund av tidspressat schema (Kons 2018).

En vanlig materialhanterare på terminaler är den universella hjullastaren som lämpar sig för varierande uppgifter eftersom den kan utrustas med olika redskap för att flytta material. Hjullastarens olika redskap är bland annat grip, klo och skopa. Maskinens vikt varierar mellan 11–56 ton och maskinen kan bygga virkesvältor upp till 5 meter. Alternativet till en hjullastare är en High-lift. Den är lite större och kan hantera timmer i större utsträckning än hjullastaren, detta eftersom den har en annan vinkel på kranarmen. High-lift kan bygga virkesvältor på 7 meter. Volvo är en stor producent av dessa materialhanterare (Volvo u.å).

Om terminalen har en mer strikt inriktning mot timmerhantering har företagen Svetruck och Sennebogen tillverkat var sin unika materialhanterare. Svetruck är en av de vanligaste materialhanterarna vid terminaler och kan hantera lyft på 9-30 ton upp till 7 meter (Svetruck u.åa). Sennebogen utvecklades främst för att få en lång räckvidd och kunna bygga virkesvältor på höga höjder. Den kortaste räckvidden är 9 meter och den längsta når upp till 40 meter (Sennebogen u.åa). På Tövaterminalen i Sundsvall, där

---

<sup>7</sup> Information från intervju med Fredrik Antonsson, Rolf Antonssons Entreprenad AB, 2020-03-09



datainsamling för arbetet skett, återfinns de mindre varianterna av dessa två materialhanterare, Svetruck TMF 12/9 och Sennebogen 830E.

### 1.3.2. Svetruck TMF 12/9

Svetruck är ett svenskt företag som grundades 1977 och är lokaliserat i Ljungby, Småland. Företaget är en världsledande leverantör av timmerhanterare mellan 12 och 32 ton (Svetruck u.åb). Svetruck TMF 12/9 är företagets minsta timmerhanterare och har en kapacitet på 12 ton med teleskop infällt och 9 ton med teleskop utfällt, därav namnet 12/9. Motorn kan levereras i två olika utföranden, antingen en 12-liters Scania med 370 hk, eller en 12-liters Volvo med 393 hk. Gripstorlekens minimum är 2,3 m<sup>2</sup> och maximum 5,5 m<sup>2</sup>. Modellen 12/9 kan hantera en maximal välthöjd på 7,2 meter under grip (Svetruck u.åc). Svetruck TMF 12/9 på Tövaterminalen var inköpt 2014 och hade en 12-liters Scaniamotor samt en gripklostorlek på 4,8 m<sup>2</sup>. Maskinen beskrevs som användarvänlig och komfortabel av maskinförarna, men det kunde variera mellan årsmodeller då Tövaterminalen hade flertalet timmerhanterare av märket Svetruck. Avståndet till närmsta service var kort, då en erfaren mekaniker på truckar var verksam bara ett par kilometer norrut. Svetruck TMF 12/9 på Tövaterminalen var utrustad med dubbfria vinterdäck<sup>8</sup>.



Figur 3. Svetruck TMF 12/9. Foto: "Svetruck TMF 12/9" av Martin Sedin

---

<sup>8</sup> Information från intervju med Fredrik Antonsson, Rolf Antonssons Entreprenad AB, 2020-03-09

### 1.3.3. Sennebogen 830E

Sennebogen är ett familjeägt företag som grundades 1952 i Straubing, Tyskland. Företaget exporterar kranbaserade maskiner mellan 17 och 420 ton till över 100 länder på alla 5 kontinenter. Maskinerna används vid mindre industrier till stora hamnar (Sennebogen u.åb). Sennebogen 830E kommer i många olika utföranden beroende på vad den ska användas till. Maskinen kan utrustas med olika typer av hyttar, kranar, gripar, motorer och plattformar för att skräddarsy maskinen till ändamålet. Sennebogen 830E levereras med en motoreffekt på 177 till 225 hk, en tjänstevikt mellan 38 och 43,5 ton samt en möjlighet att hantera en välthöjd upp till 14 m under grip. Alla dessa variabler varierar beroende på utförande (Sennebogen u.åc). Sennebogen 830E på Tövaterterminalen var inköpt 2017 och hade en motor på 164kw samt en gripklostorlek på 1,5 m<sup>2</sup>. Även denna maskin beskrevs som användarvänlig och komfortabel av maskinförarna. Avståndet till närmaste service var betydligt längre än för Svetruck då närmsta mekaniker är stationerad i Norrtälje. Vid regelbunden service var detta inte ett problem då dessa planerades väl, men vid oplanerade reparationer kunde det dröja två veckor innan både reservdel och mekaniker var på plats. Den långa leveranstiden berodde oftast på reservdelarna som skickas runt stora delar av Europa. Sennebogen 830E på Tövaterterminalen var även den utrustad med dubbfria vinterdäck<sup>9</sup>.



Figur 4. Sennebogen 830E. Foto: "Sennebogen" av Martin Sedin

---

<sup>9</sup> Information från intervju med Fredrik Antonsson, Rolf Antonssons Entreprenad AB, 2020-03-09



## 1.4. Arbetsstudier

För att kunna jämföra olika typer av maskiner kan arbetsstudier användas som metod. Arbetsstudier är en väl använd och studerad metod för att analysera hur anställda, med kroppsarbete eller med hjälp av maskiner, distribuerar sin tid under arbetet. Den som utför analysen är oftast i ett observationsperspektiv och deltar därför inte i det specifika arbetet. Arbetsstudier resulterar i total tidsåtgång för arbetet samt tidsåtgången för varje enskilt arbetsmoment. Det resultatet används sedan vanligtvis för att beräkna och jämföra produktivitet mellan exempelvis två olika maskiner på en arbetsplats (Josephson & Björkman 2013).

Arbetsstudier är populärt inom svenskt skogsbruk och används som hjälpmedel för att bland annat beräkna prestation, kostnader och tidsåtgång för olika moment i arbetet. Arbetsstudier utförs vanligtvis genom tidsstudier då tidsåtgång är ett enkelt underlag för att skapa matematiska ekvationer. Tidsåtgången kombinerat med kompletterande faktorer som exempelvis hanterad volym vid ett arbetsmoment, kan sedan användas för att beräkna prestationen (produktiviteten) uttryckt i  $\text{m}^3/\text{h}$ . Varje arbetsmoments totala tidsåtgång medför även en indikation vilket arbetsmoment som främst påverkar hela arbetets totala tidsåtgång (Lindroos 2018).

Det finns olika varianter av tidsstudier där de två vanligaste är "kontinuerlig tidsstudie" och "frekvensstudie". Båda varianterna bör innehålla arbetscykler med väl definierade arbetsmoment. Arbetscykler innebär att ett specifikt arbetsmoment återkommer flera gånger under studien, vilket är relevant för att kunna utföra studien. Ett exempel kan vara en skotare med arbetsmomenten lastning, körning och avlastning där alla tre moment utgör själva cykeln. Vid en kontinuerlig studie mäts tiden för varje arbetsmoment för att sedan summeras till total tidsåtgång. Den studietypen blir därför en totalinventering av arbetet. Vid en frekvensstudie bestäms istället ett tidsintervall där det, vid starten av varje intervall, noteras vilket arbetsmoment som utförs vid den tidpunkten. Den studietypen blir därför ett stickprovsutförande och beskriver bäst arbetsmomentens andel av den totala tidsåtgången. En frekvensstudie är fördelaktig vid arbete med många och korta arbetsmoment men medför inte samma omfattning av data som en kontinuerlig tidsstudie (Lindroos 2018).

En tidsstudie kan göras i realtid eller i efterhand. Vid realtid mäts och studeras arbetet när det väl utförs. Vid tidsstudier i efterhand studeras inspelat material. Fördelen med studier i realtid är att det är tids- och kostnadseffektivt, medan studier i efterhand är mer tidskrävande och ineffektivt. Fördelen med studier i efterhand är att det går att pausa och spola tillbaka i materialet, vilket inte är möjligt vid studier i realtid (Lindroos 2018).

## 1.5. Problemformulering

Användandet av terminaler är idag rationellt och många anser dem nödvändiga för att balansera råvara efter utbud och efterfrågan samt för omlastning (Söderström 2010). Efter att studerat litteratur samt diskuterat med aktörer på både Tövaterminalen samt Bastuträskterminalen var det uppenbart att det fanns en bristande tillgänglighet på tidigare studier angående terminaler. Det var även bristande tillgänglighet på studier om timmerhanterare av märket Svetruck TMF 12/9 och Sennebogen 830E gällande produktivitet, kostnader och hur maskinerna arbetar tillsammans. Det saknades information om maskinernas olika arbetsmoment samt hur stor del varje arbetsmoment utgör av arbetets totaltid. Detta trots att båda maskintyper återfinns på många terminaler i Sverige och kan således ses som vanliga. Bristen på data angående maskinerna och deras produktivitet samt kostnad innebar att egen datainsamling var nödvändig. Därför utfördes tidsstudier på Tövaterminalen för att erhålla studieanpassade data lämpad för arbetet. Vid arbetet har ett kandidatarbete (Skärberg & Sundström 2017) och ett examensarbete (Spjut 2019) studerats som komplement och hjälpmedel utöver den resterande litteraturen.

## 1.6. Syfte och frågeställningar

Syftet med arbetet var att jämföra två olika maskinsystem på en virkesterminal. Maskinsystem A bestod av två Svetruck TMF 12/9 och maskinsystem B bestod av en Svetruck TMF 12/9 och en Sennebogen 830E. Studien utfördes ur ett skogsteknologiskt perspektiv med fokus på produktivitet samt kostnader. Ett sekundärt syfte var att, med hjälp av denna studie, komplettera samt utöka den befintliga litteraturen angående terminalers maskinparker. Arbetet ska svara på frågeställningarna:

1. Utifrån tidsstudier och förutsättningar på Tövaterminalen, vilken produktivitet ( $\text{m}^3\text{fub/h}$ ) har maskinsystemen?
2. Utifrån uppgifter och förutsättningar på Tövaterminalen, vilken kostnad ( $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$ ) har maskinsystemen?
3. Vid vilken körsträcka för Svetruck TMF 12/9 är maskinsystemen likvärdiga sett till produktivitet ( $\text{m}^3\text{fub/h}$ ) samt kostnad ( $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$ )?
4. Hur stor andel av den totala tidsåtgången går åt till att justera rundvirke i grip och välta för respektive maskin?

## 1.7. Avgränsningar

Maskinsystemet B, med en Svetruck TMF 12/9 och en Sennebogen 830E, kan bli ett hett system. Vilket innebär att Sennebogen 830E blir beroende av att Svetruck TMF 12/9 levererar rundvirke för att Sennebogen 830E ska kunna utföra sitt arbete utan att den går tom på rundvirke. I arbetet antogs det därför att Sennebogen alltid har tillgång till rundvirke.

Tidsstudien och produktivitetsnormen var baserad på endast två maskiner. En Svetruck TMF 12/9 och en Sennebogen 830E, stationerade på Tövaterterminalen. Dessa maskiner framfördes under tidsstudierna av två olika maskinförare och tidsåtgången beror därför till stor del på chaufförernas förmåga att framföra maskinen. Avgränsningen blev således att basera studien på endast dessa två maskiner samt de två chaufförerna.

Det finns möjlighet att komplettera Sennebogen 830E med en trailer. Det skulle innebära att Sennebogen blir mer självständig och kan själv förflytta rundvirke på terminalen. Detta innebär förändrade förutsättningar för maskinsystemen. Då Sennebogen 830E inte använde sig av en trailer vid utförandet av tidsstudierna på Tövaterterminalen, tog beslutet att utelämna detta i arbetet.

## 2. MATERIAL OCH METOD

### 2.1. Förstudier

Innan datainsamlingen på Tövaterminalen studerades litteratur angående tidigare kandidat-och examensarbeten på terminaler. Detta för att få en översikt över hur arbetet skulle utföras samt för att få en bredare generell kunskap om terminaler. Kompletterande litteratur studerades gällande sådant som kandidat- och examensarbeten inte täckte. Metoder för arbetsstudier studerades som en förberedelse för den kommande analysen. Ett besök gjordes med handledaren på terminalen i Bastuträsk för att väcka frågor samt undersöka vilka problem som kan finnas hos en entreprenör på en terminal. Besöket i Bastuträsk gav även en översikt hur timmerhanterare opererar på en terminal. Videos på Svetruck TMF 12/9 och Sennebogen 830E studerades för övergripande information om potentiella arbetsmoment för varje maskin.

### 2.2. Intervju med entreprenörer

Inför besöket på Tövaterminalen förbereddes ett dokument med intervjufrågor angående både terminalen samt de två timmerhanterarna. Frågorna var riktade till både maskinförare och ansvariga på terminalen, se bilaga 3. På Tövaterminalen ställdes de grundläggande frågorna angående generell information om terminalen till Fredrik Antonsson. Kompletterande frågor ställdes sedan till respektive maskinförare för Svetruck TMF 12/9 och Sennebogen 830E angående maskinernas specifikationer, utförande och arbetsmiljö.

## 2.3. Datainsamling vid Tövaterterminalen

Data för analysen insamlades vid Tövaterterminalen i mars 2020 på en Svetruck TMF 12/9 och en Sennebogen 830E. Två actionkameror av modell Sony FDR-X3000 och Sony FDR-X1000V monterades i hytten på respektive maskin. Kamerorna registrerade även maskinernas GPS-position under arbetet. Maskinförarna, som var erfarna och specialiserade för respektive maskin, uppmanades att inte tänka på kamerorna och arbeta i normal takt. Då Östrand hade driftstopp var det inget rundvirke som lämnade terminalen under dagen utan båda maskinerna användes för att bygga ett vinterlager. Under dagen lastade Svetruck TMF 12/9 av inkommande lastbilar samt levererade rundvirke till Sennebogen 830E som mestadels stod still och byggde upp vinterlagret. Arbetet med att bygga vinterlager fortlöpte under dagen till dess att cirka 1,5h inspelat material var införskaffat. Då båda maskinerna utförde ett homogent arbete med många upprepningar ansågs 1,5h inspelat material vara tillräckligt.

## 2.4. Databearbetning

### 2.4.1. Tidsstudier

Det inspelade materialet studerades övergripigt för att få en översikt över arbetet och materialets kvalitet. Sedan följde en arbetsmomentindelning av de arbetscykler som vardera maskin utförde. Varje arbetsmoment definierades och prioriterades för att skapa tydliga start- och stoppunkter för arbetsmomenten. Arbetsmomenten och tillhörande information för respektive maskin sammanställdes i tabell 1 och 2.

Tabell 1. Arbetsmomentindelning Svetruck TMF 12/9

Arbetsmoment	Definition
1. Lastning av material	Startade när timmerhanterarens hjul stannade vid välta eller lastbil och slutade när gripen var fylld och hjulen började rulla.
2. Backning med material	Backning från välta eller lastbil med fylld grip. Startade då timmerhanterarens hjul började rulla bakåt och slutade då hjulen stannade.
3. Körning framåt med material	Startade när timmerhanterarens hjul började rulla framåt och slutade då hjulen stannade framför virkesvältan.
4. Lossning av material	Startade när maskinen stannade framför virkesvältan och slutade då maskinen förflyttade sig från virkesvältan
5. Backning utan material	Startade när hjulen började rulla bakåt med tom grip och slutade när hjulen stannade
6. Körning framåt utan material	Startade när hjulen började rulla framåt och slutade när hjulen stannade vid virkesvältan eller lastbil
7. Justering av material	Tid som gick åt till att justera rundvirke i både grip och virkesvälta. Gäller även hantering av enstaka stockar. Startade när timmerhanteraren avvek från något av de tidigare momenten tills att timmerhanteraren återgick till tidigare momenten
8. Övrigt	Tid som gick åt till övriga arbetsmoment som driftstopp, väntetid, kamerajustering osv.

Tabell 2. Arbetsmomentindelning Sennebogen 830E

Arbetsmoment	Definition
1. Lastning av material	Startade när hytten stod stilla vid objektet (liten vältan), pågick under tiden omfamnandet av materialet och slutade när hytten började röra sig
2. Kranarbete med material	Startade när hytten och kranen rörde på sig bort från objektet (lilla vältan) med fylld grip och slutade när hytten och kranen stannade vid nya objektet (stora vältan)
3. Lossning av material	Startade när hytten stannade vid objektet (stora vältan), pågick under tiden materialet lossades och slutade när hytten åter började röra på sig
4. Kranarbete utan material	Startade när hytten och kranen började röra på sig bort från objektet (stora vältan) med tom grip och slutade när hytten och kranen stannade vid nya objektet (lilla vältan)
5. Förflyttning	Startade när stödbenen lyftes och slutade när stödbenen fälldes ned
6. Justering av material	Tid som gick åt till att justera rundvirke i både grip och virkesvältan. Gäller även hantering av enstaka stockar. Startade när timmerhanteraren avvek från något av de tidigare momenten för att justera rundvirke tills att timmerhanteraren återgick till tidigare momenten
7. Övrigt	Tid som gick åt till övriga arbetsmoment som driftstopp, väntetid, kamerajustering osv.

Ett Microsoft Excel dokument för datahantering skapades innehållande arbetsmoment samt olika påverkande variabler, se bilaga 1 för Svettruck TMF 12/9 och bilaga 2 för Sennebogen 830E. Sedan följde databearbetningen på timmerhanterarnas arbete genom kontinuerliga tidsstudier vilka genomfördes asynkront på inspelat material. Det inspelade materialet spelades upp på en dataskärm samtidigt som ett tidtagarur användes för tidtagning av de olika arbetsmomenten. Tider för varje arbetsmoment dokumenterades i sekunder i Exceldokumentet för datahantering.

Timmerhanterarnas positionering under deras arbete importerades från actionkamerorna till webbsidan GPS Visualizer (GPS Visualizer u.å) där filerna från kamerorna konverterades till GPX-filer. Dessa öppnades sedan tillsammans med ett ortofoto över terminalen i programmet PcSkog (PcSkog 2019), se figur 5 och figur 6. Tidtagningen för arbetsmomenten kunde kompletteras med körsträckor med hjälp av PcSkog:s mätfunktion.





Figur 5. Kartbild över Tövaterminalen med GPS-punkter från Svetruck TMF 12/9. Ortofoto IR, 0,5 m tiles © Lantmäteriet.

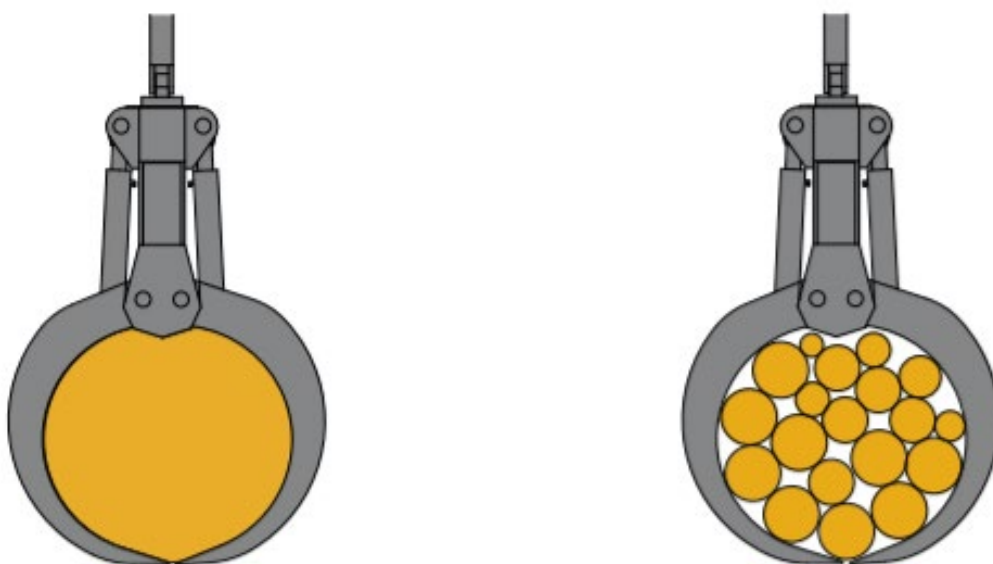


Figur 6. Kartbild över Tövaterminalen med GPS-punkter från Sennebogen 830E. Ortofoto IR, 0,5 m tiles © Lantmäteriet.



Förutom tidtagning för arbetsmomenten och maskinernas positionering noterades även mängden rundvirke i gripen vid varje griptag. Mängden rundvirke i gripen uppskattades till att kunna vara 100, 75, 50 och 25 procent av gripens kapacitet. Mindre volym i gripen än 25% klassades som arbetsmomentet "justering av material". Det utfördes även uppskattningar i det inspelade materialet för hur höga travarna var vid lastning och lossning för respektive maskin.

Utifrån resultatet från tidsstudierna utfördes sedan olika beräkningar i Exceldokumentet på det data som var noterat. Antal observationer, medelvärden, standardavvikelser, samt totaler beräknades för de olika arbetsmomenten och påverkansvariablerna. Varje arbetsmoments andel av den totala tidsåtgången beräknades också. Mängden volym ( $V$ ;  $m^3$ ) i respektive maskins grip beräknades med hjälp av andelen rundvirke i gripen ( $D$ ; %), gripens area ( $a$ ;  $m^2$ ), virkets medellängd samt en omräkningsfaktor vilken tar hänsyn till luftfickorna som bildas mellan stockarna i gripen, se figur 7.



Figur 7. De luftfickor som uppstår i gripen vid hantering av stockar. © Sennebogen 2017

Omräkningsfaktorn var 0,65 för båda maskinerna (Sennebogen u.åd) och virket medellängd antogs vara 5 meter. Mängden volym i gripen kunde således beräknas enligt formeln nedan.

$$V = D \times a \times 0,65 \times 5 \quad (1)$$

## 2.4.2. Kostnads kalkyl

För att göra en kostnads kalkyl behövdes data om olika ekonomiska värden och förutsättningar för respektive maskin. Fredrik Antonsson vid Rolf Antonsson Entreprenad AB tillhandahöll data för de ekonomiska faktorerna vilka sammanställdes i tabell 3.

Tabell 3. Kostnads kalkyl av Svertruck TMF 12/9 och Sennebogen 830E

Variabler	Svertruck TMF 12/9	Sennebogen 830E
Investering (kr)	6 000 000	4 500 000
Restvärde (%)	20	25
Kalkylränta (%)	2	2
Ekonomisk livslängd (år)	5	5
Arbets tid per maskin (tim/år)	4 000	4 000
Personalkostnad (förlön ink soc avg, kr/h)	270	270
Fast underhållskostnad, kr/år	384 000	364 000
Rörlig underhållskostnad, kr/h	69	65
Drivmedelskostnad, kr/h	312,5	150

Värden från tabell 3 användes först för att beräkna restvärdets nuvärde för respektive maskin. Restvärdets nuvärde är värdet idag om maskinerna skulle säljas efter den ekonomiska livslängden (Nationalencyklopedin u.åa). Kalkylränta är den ränta företaget använder i investeringskalkyler vilken baseras på företagets förväntade kostnad (Nationalencyklopedin u.åb).

För att beräkna restvärdets nuvärde ( $R_n$ ; kr) användes kalkylränta ( $i$ ; %), den ekonomiska livslängden ( $n$ ; år), storleken på investeringen ( $I$ ; kr) samt restvärdet ( $R$ ; %). Restvärdets nuvärde beräknades enligt formeln:

$$R_n = 1 + i^{-n} \times I \times R \quad (2)$$

Efter att restvärdet beräknats kalkylerades annuitetsfaktorn. Annuitetsfaktorn är en omräkningsfaktor för beräkning av kapitalkostnadens storlek varje år (Nationalencyklopedin u.åc). För att beräkna annuitetsfaktorn ( $A$ ) användes kalkylräntan samt den ekonomiska livslängden enligt formeln:

$$A = \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad (3)$$

Kapitalkostnaden ( $K_{kap}$ ; kr/år) är den kostnad företaget har från ränta på lånat kapital, internränta vid självfinansiering och avskrivnings- eller värdeminskningsskostnader vid återanskaffning av förbrukade eller utslitna produktionsmedel (Nationalencyklopedin u.åd). Kapitalkostnaden beräknades med hjälp av investeringsvärdet, restvärdets nuvärde samt annuitetsfaktorn enligt formeln:

$$K_{kap} = (I - R_n) \times A \quad (4)$$

Den totala fasta kostnaden ( $K_{fast}$ ; kr/h) beräknades med kapitalkostnaden, den fasta underhållskostnaden ( $K_{uf}$ ; kr/år) samt arbetstiden per maskin ( $S$ ; h/år) enligt formeln:

$$K_{fast} = \frac{K_{kap} + K_{uk}}{S} \quad (5)$$

De totala rörliga kostnaderna ( $K_{rörl}$ ; kr/h) beräknades genom att summera drivmedelskostnaden ( $K_{driv}$ ; kr/h), den rörliga underhållskostnaden ( $K_{ur}$ ; kr/h) samt personalkostnaden ( $K_{pers}$ ; kr/h) enligt formeln:

$$K_{rörl} = K_{driv} + K_{ur} + K_{pers} \quad (6)$$

Den totala timkostnaden ( $K_{tot}$ ; kr/h) för respektive maskin erhöles genom att summera de fasta ( $K_{fast}$ ; kr/h) och rörliga ( $K_{rörl}$ ; kr/h) kostnaderna enligt formeln:

$$K_{tot} = K_{fast} + K_{rörl} \quad (7)$$

Den totala timkostnaden för respektive maskin användes sedan för att beräkna timkostnaden för de två olika maskinsystemen. Timkostnaden för vardera maskinsystem erhöles genom att summera timkostnaden för respektive maskin inom maskinsystemen. Hädanefter benämns maskinsystemens totala timkostnad som  $K_{tot}$ .

## 2.5. Dataanalyser

### 2.5.1. Produktivitetsnorm

Data bearbetades och sammanställdes i Microsoft Excel (version 1908) för att sedan importeras till programmet MINITAB (version 19.2). I MINITAB skapades scatterplots för att kunna se vilka olika variabler som påverkade tidsåtgången för varje arbetsmoment. Scatterplots som visade på ett samband undersöktes noggrannare med regressionsanalyser, där enkla linjära regressioner skapades. Vid regressionsanalysen valdes en signifikansnivå ( $\alpha$ ) på 0.05. De analyser som hade ett p-värde lägre än 0.05

samt visade på korrelation ( $R^2 \geq 43,66$ ) ansågs signifikanta. Analyser som ansågs signifikanta ansågs även påverka tidsåtgången för arbetet. Signifikanta analyser antogs och adderades med varandra för att skapa en produktivitetsnorm för tidsåtgång. De analyser som inte visade sig vara signifikanta adderades till modellen som konstanter, baserade på arbetsmomentens medelvärde.

En produktivitetsnorm för Svetruck TMF 12/9 respektive Sennebogen 830E skapades. För Svetruck TMF 12/9 användes ekvationerna från regressionsanalysen för tidsåtgång på arbetsmoment 2, 3, 5 och 6 samt medeltidsåtgången för arbetsmomenten 1, 4, 7 och 8, se tabell 1. För Sennebogen 830E användes ekvationerna för tidsåtgång på arbetsmoment 2, 3 och 5 samt medeltidsåtgången för arbetsmomenten 1 och 4, se tabell 2. Respektive maskins produktivitetsnorm för lastningsarbetet resulterade till följande:

$$TT_{Svetruck} = T1 + (a + bx) + (c + dy) + T4 + (e + fz) + (g + hq) + T7 + T8 \quad (8)$$

$TT_{Svetruck}$  = tidsåtgången för en arbetscykel för en Svetruck TMF 12/9

T1 = medeltidsåtgången för lastning av material

$a+bx$  = tidsåtgången för backning med material där x är avståndet i meter.

$c+dy$  = tidsåtgången för körning framåt med material där y är avståndet i meter

T4 = medeltidsåtgången för lossning av material

$e+fz$  = tidsåtgången för backning utan material där z är avståndet i meter

$g+hq$  = tidsåtgången för körning framåt med material där q är avståndet i meter

T7 = medeltidsåtgången för justering av material

T8 = medeltidsåtgången för övrigt

T1, T4, T7, T8, a, c, e och g är konstanter

b, d, f och h är koefficienter

x, y och z är variabler

$$TT_{Sennebogen} = T1 + (a + bx) + dx + T4 + (e + fz) \quad (9)$$

$TT_{Sennebogen}$  = tidsåtgången för en arbetscykel för en Sennebogen 830E

T1 = medeltidsåtgången för lastning av material

$a+bx$  = tidsåtgången för kranarbete med material där x är välthöjden i meter

$dx$  = tidsåtgången för lossning av material där x är välthöjden i meter

T4 = medeltidsåtgången för kranarbete utan material

$e+fz$  = tidsåtgången för förflyttning där z är avståndet i meter

T1, T4, a och e är konstanter

b, d och f är koefficienter

x och z är variabler

Den totala tidsåtgången i sekunder ( $TT_i$ ) och gripvolymen ( $V_i$ ), för timmehanterare  $i$ , användes för att beräkna produktiviteten ( $P_i$ ; m<sup>3</sup>fub/h) för respektive timmehanterare  $i$  enligt formeln:

$$P_i = \frac{3600}{TT_i} \times V_i \quad (10)$$

Produktiviteten för respektive maskinsystem  $j$ , ( $PT_j$ ; m<sup>3</sup>fub/h) erhöles genom att summera produktiviteten för de båda maskinerna som tillsammans utgjorde maskinsystemet enligt formeln:

$$PT_j = \left( \frac{3600}{TT_i} \times V_i \right) + \left( \frac{3600}{TT_i} \times V_i \right) \quad (11)$$

Produktiviteten för maskinsystemen användes för jämförelse mellan produktivitet, men även för att beräkna maskinsystemens kostnad per m<sup>3</sup>fub ( $K_{m3j}$ ; kr/m<sup>3</sup>fub), enligt formeln:

$$K_{m3j} = \frac{K_{totj}}{PT_j} \quad (12)$$

Vid jämförelsen av produktivitet användes medelvärdena för de påverkande variablerna från tidsstudierna som användes i modellerna. Den totala volymen ( $V_{tot}$ ; m<sup>3</sup>fub) som Tövaterterminalen hanterade under 2019 användes för att beräkna den totala kostnaden ( $K_{Tövaj}$ ; kr) för respektive maskinsystem  $j$  under 2019, enligt formeln:

$$K_{Tövaj} = K_{m3j} \times V_{tot} \quad (13)$$

En analys utfördes för att undersöka vid vilken körsträcka för de två Svetruck TMF 12/9 då produktiviteten respektive kostnaden var lika stora för båda maskinsystemen. Vid analysen användes Problemlösaren i Excel för att undersöka när differensen mellan produktivitet respektive kostnad för de två maskinsystemen var så nära 0 som möjligt. De påverkande variablerna från tidsstudierna utgjorde de variabla cellerna. Restriktionerna var att körsträckan med material och körsträckan utan material skulle vara lika stora samt att välthöjden skulle vara maximalt 10 meter.

## 3. RESULTAT

### 3.1. Databearbetning

#### 3.1.1. Arbetsmoment

Tidsstudierna på Svetruck TMF 12/9 resulterade i en sammanställning av de 8 olika arbetsmomenten för maskinen, se tabell 4. Tidsstudien tog 6696 sekunder totalt och antalet observationer varierade från 8 till 61. Medelvärdena och standardavvikelserna var relativt jämna förutom för arbetsmoment 3, 7 och 8 där avvikelsen var betydligt högre. Varje arbetsmoments andel av den totala tiden varierade från 4 till 25%. Noterbart är att arbetsmoment ”justering av material” upptog 14% av total tidsåtgång.

Tabell 4. Tidsstudier Svetruck TMF 12/9

Arbetsmoment	Totalt (sek)	Antal observationer (st)	Medelvärde (sek)	Standardavvikelse (sek)	Andel av total (%)
1. Lastning av material	1 103	61	18,08	8,70	16
2. Backning med material	600	61	9,84	3,75	9
3. Körning framåt med material	1 692	61	27,74	32,00	25
4. Lossning av material	597	56	10,66	4,63	9
5. Backning utan material	601	56	10,73	4,85	9
6. Körning framåt utan material	919	55	16,71	9,73	14
7. Justering av material	941	31	30,35	19,67	14
8. Övrigt	275	8	34,38	16,72	4
Summa	6 696				100

Tidsstudierna för Sennebogen 830E resulterade i en sammanställning av de 7 olika arbetsmomenten för maskinen, se tabell 5. Tidsstudien tog 6782 sekunder totalt och antalet observationer varierade mellan 14 och 157. Medelvärdena och standardavvikelseerna var även här relativt jämna förutom arbetsmoment 5 och 7 som var betydligt högre än resterande. Varje arbetsmoments andel av den totala tiden varierade från 5 till 22%. Noterbart är att arbetsmomentet ”justering av material” upptog 15% av den totala tidsåtgången.

*Tabell 5. Tidsstudier Sennebogen 830E*

Arbetsmoment	Totalt (sek)	Antal observationer (st)	Medelvärde (sek)	Standardavvikelse (sek)	Andel (%)
1. Lastning av material	1 478	157	9,41	3,44	22
2. Kranarbete med material	1 404	157	8,94	3,32	21
3. Lossning av material	1 160	156	7,44	2,93	17
4. Kranarbete utan material	841	148	5,68	1,96	12
5. Förflyttning	511	19	26,89	21,38	8
6. Justering av material	1 038	81	12,81	8,50	15
7. Övrigt	350	14	25,00	30,31	5
Total tid	6 782				100

### 3.1.2. Påverkansvariabler

De variabler som noterades under tidsstudierna sammanställdes för Svetruck TMF 12/9 i tabell 6 och för Sennebogen 830E i tabell 7. Svetruck TMF 12/9 distanssträckor var som kortast vid backning och som längst vid körning framåt. Svetruck TMF 12/9 arbetade oftast på en välthöjd mellan 2,58 och 3,14 meter. Sennebogen 830E däremot förflyttade sig sällan och då korta sträckor. Sennebogen 830E arbetade oftast på välthöjder mellan 1,74 och 8,14 meter.

Tabell 6. Påverkansvariabler utifrån tidsstudier Svetruck TMF 12/9

Påverkansvariabler	Antal observationer (st)	Totalt (m)	Medelvärde (m)	Standardavvikelse (m)	Andel av total (%)
Backning med material	61	982,80	16,11	8,36	10
Körning framåt med material	61	5 359	87,85	171,21	56
Backning utan material	56	1 118	19,96	11,61	12
Körning framåt utan material	55	2 192	39,85	43,77	23
Välthöjd lastning	61	----	3,14	1,28	----
Välthöjd lossning	61	----	2,58	2,15	----

Tabell 7. Påverkansvariabler utifrån tidsstudier Sennebogen 830E

Påverkansvariabler	Antal observationer (st)	Totalt (m)	Medelvärde (m)	Standardavvikelse (m)
Förflyttning	19	192	10,10	12,05
Välthöjd lastning	157	274	1,74	0,33
Välthöjd lossning	157	1 280	8,14	1,09

### 3.1.3. Mängd rundvirke i gripen

Den uppskattade mängden rundvirke i respektive maskin grip sammanställdes i tabell 8. Den teoretiska gripmängden är 15,6 m<sup>3</sup>fub för Svetruck TMF 12/9 och 4,88 m<sup>3</sup>fub för Sennebogen 830E.

Tabell 8. Uppskattad mängd rundvirke i gripen på respektive timmerhanterare

	Svetruck TMF 12/9	Sennebogen 830E
Antal observationer (st)	61	157
Totalt (m <sup>3</sup> fub)	815,10	728,81
Medelvärde (m <sup>3</sup> fub)	13,36	4,64
Standardavvikelse (m <sup>3</sup> fub)	3,99	0,74



### 3.1.4. Kostnadskalkyl

Vid kostnadskalkylen utfördes beräkningar för de enskilda timmerhanterarna enligt kapitel 2.3.2. Resultatet redovisas i tabell 9. Svetruck TMF 12/9 hade en timkostnad på 1008 kr/h och Sennebogen 830E hade en timkostnad på 761 kr/h. Svetruck TMF 12/9 var alltså 247 kr dyrare i timmen än Sennebogen 830E.

*Tabell 9. Resultatet från kostnadskalkylen*

	Svetruck TMF 12/9	Sennebogen 830E
Restvärdets nuvärde (kr)	1 086 877	1 018 947
Annuitetsfaktor	0,2122	0,2122
Kapitalkostnad (kr/år)	1 042 360	738 534
Total fast kostnad (kr/h)	357	276
Total rörlig kostnad (kr/h)	652	485
Total timkostnad (kr/h)	1 008	761

Den totala timkostnaden för maskinsystemen blev således 2 016 kr/h (1008x2) för maskinsystem A samt 1769 kr/h (1008+761) för maskinsystem B.

## 3.2. Dataanalyser

### 3.2.1. Resultat från regressionsanalyser

Resultatet från regressionsanalyserna där arbetsmomenten jämfördes mot påverkansvariablerna redovisas i tabell 10 och 11, för respektive maskin.

Tabell 10. Regressionsanalys för Svettruck TMF 12/9

Regressionsanalys	Regressions ekvation	Modellsummering		
		P-värde	R-sq	R-sq (adj)
Backning med material (s) vs backning med material (m)	Backning med material (s) = $4,106 + 0,3556 \times \text{Backning med material (m)}$	0,000	62,92	62,29
Körning framåt med material (s) vs körning framåt med material (m)	Körning framåt med material (s) = $11,625 + 0,18340 \times \text{Körning framåt med material (m)}$	0,000	96,27	96,21
Lossning av material (s) vs välthöjd lossning (m)	Lossning av material = $9,61 + 0,069 \times \text{Välthöjd lossning (m)}$	0,831	0,08	0,00
Backning utan material (s) vs backning utan material (m)	Backning utan material (s) = $3,491 + 0,3471 \times \text{Backning utan material (m)}$	0,000	61,04	60,38
Körning framåt utan material (s) vs körning framåt utan material(m)	Körning framåt utan material (s) = $6,792 + 0,2302 \times \text{Körning framåt utan material (m)}$	0,000	89,74	89,57
Lastning av material vs välthöjd lastning (m)	Lastning av material (s) = $22,75 - 1,489 \times \text{Välthöjd lastning (m)}$	0,089	4,83	3,22

Tabell 11. Regressionsanalys för Sennebogen 830E

Regressionsanalys	Regressions ekvation	Modellsummering		
		P-värde	R-sq	R-sq (adj)
Lastning av material (s) vs välthöjd lastning (m)	Lastning av material (s) = $7,01 + 1,380 \times \text{Välthöjd lastning (m)}$	0,100	1,74	1,11
Kranarbete med material (s) vs välthöjd lossning (m)	Kranarbete med material (s) = $-7,44 + 2,010 \times \text{Välthöjd lossning (m)}$	0,000	43,66	43,29
Lossning av material (s) vs välthöjd lossning (m)	Lossning av material (s) = - $1,58 + 1,101 \times \text{Välthöjd lossning (m)}$	0,341	16,17	15,63
Kranarbete utan material (s) vs välthöjd lastning (m)	Kranarbete utan material (s) = $5,18 + 0,104 \times \text{Välthöjd lastning (m)}$	0,855	0,02	0,00
Förflyttning (s) vs förflyttning (m)	Förflyttning (s) = $0,731 + 2,0633 \times \text{Förflyttning}$	0,012	90,59	90,53

### 3.2.2. Produktivitetsnorm Svetruck TMF 12/9

De signifikanta regressionsekvationerna för Svetruck TMF 12/9 summerades tillsammans med de ej signifikanta ekvationernas medelvärde. Vilket resulterade i produktivitetsnormen nedan. Det som är skrivet i "fet stil" är medelvärden från påverkansvariablerna i tabell 6. Förändras exempelvis körsträckor eller välthöjd är det variablerna med "fet stil" som förändras.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{111,77} &= 18,08 + (4,106 + 0,3556 * \mathbf{16,11}) + (11,625 + 0,18340 * \mathbf{87,85}) \\
 &\quad + 9,79 + (3,491 + 0,3471 * \mathbf{19,96}) + (6,792 + 0,2302 * \mathbf{39,85}) \\
 &\quad + 15,43 + 4,51
 \end{aligned}$$

Där

**111,77** = tidsåtgången för en arbetscykel för en Svetruck TMF 12/9.

18,08 = medeltidsåtgången för lastning av material.

4,106+0,3556 = tidsåtgången för backning med material

**16,11** = körsträckan i meter för backning med material

11,625+0,18340 = tidsåtgången för körning framåt med material

**87,85** = körsträckan i meter för körning framåt med material

9,79 = medeltidsåtgången för lossning av material.

3,491+0,3471 = tidsåtgången för backning utan material

**19,96** = körsträckan i meter för backning med material

6,792+0,2302 = tidsåtgången för körning framåt med material

**39,85** = körsträckan i meter för körning framåt utan material

15,43 = medeltidsåtgången för justering av material

4,51 = medeltidsåtgången för övrigt

### 3.2.3. Produktivitetsnorm Sennebogen 830E

De signifikanta regressionsekvationerna för Svetruck TMF 12/9 summerades tillsammans med de ej signifikanta ekvationernas medelvärde vilket resulterade i produktivitetsnormen nedan. Det som är skrivet med "fet stil" är medelvärden från påverkansvariablerna i tabell 7. Förändras exempelvis förflyttning eller välthöjd är det variablerna med "fet stil" som förändras.

$$\mathbf{54,22} = 9,41 + (-7,44 + 2,010 * \mathbf{8,14}) + 2,010 * \mathbf{8,14} + 5,36 + (0,731 + 2,0633 * \mathbf{10,10})$$

Där

**54,22** = tidsåtgången för en arbetscykel för en Sennebogen 830E

9,41 = medeltidsåtgången för lastning av material

-7,44+2,010 = tidsåtgången för kranarbete med material

**8,14** = välthöjden i meter vid lossning

2,010 = tidsåtgången för lossning av material

**8,14** = välthöjden i meter vid lossning

5,36 = medeltidsåtgången för kranarbete utan material

0,731+2,0633 = tidsåtgången för förflyttning

**10,10** = förflyttningen i meter

### 3.2.4. Maskinsystemens produktivitetsmodell och kostnad

De redovisade produktivitetsnormerna adderades för att bilda en formel för maskinsystemens produktivitet samt för att beräkna kostnaden per kubik, enligt formel 11 & 12. Värden i ”fet stil” är även här sådana som kan variera vid olika storlek på påverkansvariablerna. Resultatet ses i tabell 12.

Tabell 12. Resultat av skapande av produktivitetsmodell

	Maskinsystem A	Maskinsystem B
Gripvolym (m <sup>3</sup> fub)	13,36 & 13,36	13,36 & 4,64
Timkostnad (kr/h)	2016	1769
Produktivitetsmodell (m <sup>3</sup> fub /h)	<b>860,66</b> = $((3600/111,77) \times (13,36) + ((3600/111,77) \times 13,36)$	<b>738,38</b> = $((3600/111,77) \times (13,36) + ((3600/54,22) \times 4,64)$
Kostnad per kubik (kr/ m <sup>3</sup> fub)	<b>2,34</b> = 2016/860,66	<b>2,40</b> = 1769/738,88

### 3.2.5. Jämförelse mellan maskinsystemen

Resultaten från produktivitetsmodellen och kostnaderna i tabell 12 sammanställdes för att kunna jämföra de två maskinsystemen. Även den hanterade volymen på Tövaterterminalen under 2019 redovisas för en ytterligare jämförelse. Resultatet ses i tabell 13.

Tabell 13. Jämförelse mellan de två maskinsystemen utifrån förutsättningarna på Tövaterterminalen

	Maskinsystem A	Maskinsystem B	Differens absoluta tal
Produktivitet (m <sup>3</sup> fub /h)	860,66	738,38	122,27
Kostnad (kr/h)	2 016	1 769	247
Kostnad (kr/ m <sup>3</sup> fub)	2,34	2,40	0,05
Hanterad volym 2019 (m <sup>3</sup> fub)	690 000	690 000	----
Kostnad hanterad volym 2019 (kr)	1 616 401	1 652 825	36 423

Tabell 13 visar att under förutsättningarna på Tövaterterminalen så var maskinsystem A både produktivare och mer kostnadseffektiv än maskinsystem B.

### 3.2.6. Maskinsystemens brytpunkter

När maskinsystemen jämfördes för att undersöka vid vilka körsträckor och vid vilken välthöjd som maskinsystemen var likvärdiga i produktivitet erhöles resultatet som redovisas i tabell 14. Då påverkansvariablerna ”välthöjd lossning” och ”förflyttning” inte ingick i Svetruck TMF 12/9 arbetsmoment, uteblev dessa i maskinsystem A. Produktiviteten var då 765 m<sup>3</sup>fub/h för båda maskinsystemen. Svetruck TMF 12/9 i båda maskinsystemen körde då framåt på en sträcka av 95 meter och Sennebogen 830E i maskinsystem B lossade rundvirke på en välthöjd av 6 meter. Skulle sträckan att köra framåt vara längre för Svetruck TMF 12/9 blev maskinsystem B mer produktiv. Skulle välthöjden öka med 0,5 meter och förflyttningen med 1 meter för Sennebogen 830E, blev maskinsystem A produktivast.

Tabell 14. Påverkansvariablernas värden vid likvärdig produktivitet för de två maskinsystemen

Påverkansvariabler	Maskinsystem A	Maskinsystem B
Backning med material (m)	16,64	16,64
Körning framåt med material (m)	95,25	95,25
Backning utan material (m)	18,99	18,99
Körning framåt utan material (m)	95,25	95,25
Välthöjd lossning (m)	----	6,05
Förflyttning (m)	----	8,13

När maskinsystemen jämfördes för att undersöka vid vilka körsträckor och vid vilken välthöjd som maskinsystemen var likvärdiga i kostnad per kubik erhöles resultatet som redovisas i tabell 15. Kostnaden per kubik var 2,41 kr/ m<sup>3</sup>fub för båda maskinsystemen. Svetruck TMF 12/9 i båda maskinsystemen körde då framåt på en sträcka av 71 meter och Sennebogen 830E i maskinsystem B lossade rundvirke på en välthöjd av knappt 8 meter. Skulle sträckan att köra framåt vara längre för maskinsystem A blev maskinsystemet B kostnadseffektivast. Skulle välthöjden öka med 0,5 meter och förflyttningen med 1 meter för Sennebogen 830E, blev maskinsystem A kostnadseffektivast.

Tabell 15. Påverkansvariablerna värden vid likbördig kostnad per kubik för de två maskinsystemen

	Maskinsystem A	Maskinsystem B
Backning med material (m)	16,00	16,00
Körning framåt med material (m)	70,81	70,81
Backning utan material (m)	18,18	18,18
Körning framåt utan material (m)	70,81	70,81
Välthöjd lossning (m)	----	7,73
Förflyttning (m)	----	10,12

## 4. DISKUSSION

### 4.1. Datainsamling

Tidsstudierna utfördes noggrant utan störningar vilket medförde trovärdiga data. Problemet är dock att arbetets resultat saknar ytterligare studier att jämföras med, vilket försvårar möjligheten att jämföra arbetet och de specifika maskinerna i ett annat sammanhang. Generell litteratur angående svenska virkesterminaler var också en bristvara vilket försvårade arbetet med introduktionen. Bristen på både information angående maskinerna samt terminaler generellt medförde svårigheter att utföra ett arbete som omfattar virkesterminalers och timmerhanterares arbete generellt i Sverige. Arbetet vid Tövaterminalen innebär dock att bristen på studier om terminaler och timmerhanterare har blivit något mindre. Vår studie är ett bra komplement till tidigare och för framtida arbeten angående terminaler, timmerhanterare, tidsstudier och produktivitetsnormer. Arbetet kan även vara en bra grund för beslutstagare när en sammansättning av timmerhanterare på terminaler ska genomföras.

### 4.2. Produktivitet och kostnader

I resultatet i tabell 13 framgick det att maskinsystem A var både mer produktiv och mer kostnadseffektiv än maskinsystem B. Detta resultat var baserat på medelvärden från de påverkansvariabler som användes vilka handlade främst om körsträckor för maskinerna. Dessa körsträckor var relativt korta (som högst 88 meter för Svetruck TMF 12/9) vilket också speglar resultatet. Skulle körsträckorna för Svetruck TMF 12/9 öka, till över 95 meter enligt tabell 14, skulle maskinsystem B med de två olika maskinerna bli produktivare. Detta beror framförallt på att det skulle ta betydligt längre tid för de två Svetruck TMF 12/9 att transportera rundvirke mellan lastning och lossning. Detta medan maskinsystem B skulle hålla en högre produktivitet då bara ena maskinen påverkas av de längre körsträckorna. Sennebogen 830E påverkas inte alls av körsträckorna utan bibehåller sin produktivitet då den maskinen i princip står still och fortsätter lasta rundvirke på samma plats. För att denna teori ska stämma är det viktigt



att Sennebogen 830E aldrig får slut på rundvirke att hantera. Därför behöver den troligtvis en "buffert" innan arbetet börjar, om Svetruck TMF 12/9 mot förmodan inte skulle hinna leverera rundvirke till den. I arbetsmomentet "övrigt" ingick kortare driftstopp från Sennebogen 830E. Driftstoppen berodde oftast på att Svetruck TMF 12/9 inte kunnat förse Sennebogen 830E med rundvirke. Då driftstoppen ingick i arbetsmomentet "övrigt" är tiden för detta således med i produktivitsnormen. Det innebär att modellen tar hänsyn till driftstopp.

Körsträckornas längd kan bero på flertalet faktorer. Storleken på terminalen kan avgöra hur långt maskinerna behöver transportera sig mellan lastning och lossning. En stor terminal kan innebära långa avstånd mellan inkommande tåg eller lastbil till den vältan där virket slutligen ska placeras. Inkommande rundvirke via lastbil kan justera produktiviteten beroende på var lastbilen parkerar i förhållande till vältan. Parkerar lastbilen nära vältan kommer produktiviteten att öka medan om avståndet mellan lastbil och vältan är högt, kommer produktiviteten att sjunka. En annan faktor är den som nämns i examensarbetet (Spjut 2019) som behandlar Bastuträskterminalens struktur. Bastuträskterminalen sydliga järnvägsspår är upphöjt cirka en halvmeter från marken vilket medför att maskinerna inte kan köra över rälsen. Det nordliga spåret är dock i marknivå där maskinerna kan köra över spåret. Beroende på om en maskin kan köra över ett järnvägsspår eller inte som är placerat centralt på terminalen avgör hur långa körsträckorna blir. Körsträckorna ökar kraftigt om en maskin måste köra runt spåret och då kommer produktiviteten sjunka avsevärt.

Välthöjden vid lossning påverkade endast Sennebogen 830E, ju högre välthöjd desto längre tid tog det. Skapas det högre välthöjder innebär det också att terminalen blir mer platseffektiv, då rundvirke både kan staplas på bredd och höjd. Högre välthöjder kan Sennebogen 830E fördelaktigt skapa med sin långa räckvidd. Det innebär att ett maskinsystem A kräver en större terminalyta än maskinsystem B, för samma mängd rundvirke. Risker med att stapla högt med Sennebogen 830E är om den maskinen skulle haverera. Då är vältorna omkring 10 meter höga men det finns ingen maskin på terminalen som når virket. Då skulle terminalen behöva hyra in en liknande maskin, alternativt laga den befintliga väldigt snabbt. Det är således säkrare att ha två likadana maskiner sett ur den synpunkten.

I resultatet i tabell 13 framgick det att maskinsystemet med två Svetruck TMF 12/9 är mer kostnadseffektivt. Skillnaden mellan maskinsystemen är liten och det beror främst på att två Svetruck TMF 12/9 är mer produktiv, då det maskinsystemet kostar mer per timme. Anledningen till den högre timkostnaden beror bland annat på den större investeringen för en Svetruck TMF 12/9 men även på grund av en betydligt högre drivmedelskostnad. Skillnaden i kostnad för ett helt år mellan maskinsystemen är marginella (36 423 kr), förutsatt att förutsättningarna på terminalen är lika som de på

Tövaterminalen. När skillnaden mellan maskinsystemen är så små, kan det därför bli andra faktorer som avgör vilket maskinsystem som bör investeras i. Lageryta och upprustning av sådana är kostsamma (Björklund & Frisch 2016) och i vissa fall finns inte möjligheten att utvidga terminalytan. Fördelen med maskinsystem B är då att Sennebogen 830E kan bygga högre vältor än Svetruck TMF 12/9, och på så sätt inte behöva utvidga terminalytan. De pengar som sparas på att inte behöva utvidga terminalen bör då jämföras med kostnadsskillnaden mellan maskinsystemen för att se vilket maskinsystem det ska investeras i. Har terminaloperatören tillräckligt med plats för den hanterade volymen kan maskinsystem A vara fördelaktigt sett till kostnadseffektiviteten. Är det dock platsbrist, med vältor på cirka 6 meter, bör en terminaloperatör överväga att investera i maskinsystem B istället för att försöka utvidga terminalens yta. Dessa jämförelser var tyvärr inget som fick utrymme i detta arbete men är högst intressant i framtida studier.

Det är tydligt att produktiviteten är en stark faktor för vilket maskinsystem som blir mest kostnadseffektivt. Därför påverkar storleken på körsträckan för Svetruck TMF 12/9 vilket maskinsystem som är mest kostnadseffektivt. Körsträckan när maskinsystemen var lika kostnadseffektiva var 71 meter istället för 95 meter då produktiviteten var lika. Skulle körsträckan mellan lastning och lossning för Svetruck TMF 12/9 öka på grund av storleken på terminalen eller tågrälser som måste köras runt, skulle maskinsystem B bli billigare.

### 4.3. Justering av material

Vid den första okulära bedömningen av det inspelade materialet, innan tidsstudierna utfördes, var det tydligt att båda maskinerna ofta justerade rundvirke i grip eller i vält. Det var anledningen till att ett sådant arbetsmoment definierades och det blev intressant hur stor andel av den totala tiden som maskinförarna med deras maskiner lägger på att justera material. Efter att ha studerat resultatet var det tydligt att en stor del av den totala tiden går åt till att justera material, för båda maskinerna. Oftast verkade detta bero på stockarnas olika längd vid lastning samt att stockarna ibland låg ostrukturerat. Detta medförde nämligen att maskinföraren var tvungen att justera stockarna i gripen för att vältorna skulle bli jämna och stabila. Då definitionen av arbetsmomentet "justering av material" inkluderade hantering av enstaka stockar, var även det en anledning till att justeringen tog tid. Det var inte ovanligt, speciellt för Sennebogen 830E, att ibland samla ihop enstaka stockar för att försöka fylla en grip. Den tredje anledningen till tidsåtgången för "justering av material" var efter att en maskin lossat rundvirke och enstaka stockar hamnat fel eller stack ut för långt från vältan. Då använde maskinförarna gripen för att skjuta in stockarna så att de lade sig rätt. Tidsåtgången för detta arbetsmoment skulle kunna reduceras om maskinförarna var noggrannare med att

alltid försöka lasta och lossa virket så jämnt som möjligt. Om virket alltid ligger i perfekta vältor behöver det mer sällan justeras av maskinförarna. Reduceras tidsåtgången på detta arbetsmoment kommer även maskinsystemen bli produktivare och mer kostnadseffektiva. Detta är dock mer komplext än vad det låter. Maskinerna hanterade nämligen ofta rundvirke i olika längder vilket medför att det blir svårt att skapa jämna vältor. Om sedan tidsåtgången för "justering av material" reduceras, kommer tidsåtgången för lastning och lossning att öka då förarna måste vara noggrannare. Det innebär att reduceras tiden för ett arbetsmoment, kommer tiden för ett annat moment att öka och på så sätt ta ut varandra.

#### 4.4. Svagheter i studien

Svagheter i studien kan vara att vid tidpunkten då tidsstudierna utfördes arbetade maskinerna på Tövaterterminalen med att bygga ett vinterlager. Arbetet de utförde var alltså inte en "vanlig dag" utan lite annorlunda mot detta. Det betyder att studien är baserad på tidsåtgång vid ett vinterlagerbygge och inte på normala lossningar och lastningar av tåg eller lastbil. Positivt under tidsstudien var dock att inga större driftstopp observerades utan maskinerna arbetade kontinuerligt under hela studietiden.

Välthöjden som Sennebogen 830E arbetade på uppskattades utifrån videoinspelningarna vilket endast gav ungefärliga värden. Svetruck TMF 12/9 arbetade i stort sett på samma välthöjd under hela studien. Mängd i grip uppskattades också utifrån videoinspelningarna. Sennebogen 830E fyllde gripen i majoriteten av gångerna men Svetruck TMF 12/9 varierade i större utsträckning. Då mängden virke i gripen påverkar produktiviteten direkt, innebär det att variation i griptag medför variationer i produktivitet. Mindre volym i gripen innebär en sänkt produktivitet. Körsträckorna för maskinerna uppskattades utifrån GPS-positioner som öppnades i PcSkog (PcSkog 2019). Där kan flera felmarginaler återfinnas. Först att GPS-mottagare brukar ha en felmarginal på ett antal meter, sedan att användandet av mätfunktionen i PcSkog inte blir den exakta sträckan, utan en uppskattad sträcka. Troligtvis är dessa felmarginaler små och har inte en större påverkan på arbetet.

Svetruck TMF 12/9 hade många arbetsmoment vilka fluktuerade i tid kraftigt. Antalet observationer i arbetet skulle därför ha kunnat varit fler, för att täcka tidsvariationerna. Detta hade kunnat åtgärdas genom en större mängd inspelat material än de drygt 6500 sekunder som låg till grund för arbetet. Sennebogen 830E hade färre arbetsmoment och var mer kontinuerlig i sitt arbete. Det medförde ett större antal observationer och väldigt små fluktuationer i tiden. Sennebogen 830E tidsstudier kan därför ses som mer generella än de för Svetruck TMF 12/9. Regressionsanalysen baserades på enkel linjär

regression där en responsvariabel  $x$  beror på en förklarande variabel  $y$ . Med enkel regression antar vi att  $x$  beror på  $y$  vilket innebär att en tredje faktor kan ha inverkan på resultatet men upptäcks inte (Nationalencyklopedin u.åe).

Ytterligare svagheter eller styrkor i arbete kan vara den mänskliga faktorn. För att kunna genomföra studien krävdes att videokameror installerades i timmerhanterarnas hyttar. Det kan påverka datamaterialet enligt Hawthorne-effekten (Nationalencyklopedin u.åf), vilket innebär att personen som kör timmerhanteraren kan medvetet vilja göra bättre ifrån sig än vanligt. Dessutom deltog två maskinförare i studien vilket innebär att de kan antingen agera efter Hawthorne effekten eller inte alls påverkas av videoinspelningen. En liknande svaghet till Hawthorne-effekten är att under videoinspelningen, kan det finnas en tendens att (vi) observatörer vill att studien ska bekräfta våra egna uppfattningar så kallad konfirmeringsbias (Nationalencyklopedin u.åh). Detta gällde främst i det skedet då tidsstudierna utfördes. Vissa arbetsmoment kan möjligtvis ha prioriterades för att på så sätt styra studien åt rätt håll.

## 4.5. Framtida studier

I denna studien jämförs ett maskinsystem med en Sennebogen 830E och en Svetruck TMF 12/9 mot två Svetruck TMF 12/9. Maskinsystemen förflyttade rundvirke från en trave till en annan trave för att bygga ett vinterlager. I framtida studier kan det vara intressant att studera när dessa maskinsystem utför andra arbeten inom terminalen, exempelvis lasta av/på ett tåg, för att se om resultatet blir annorlunda. Slutligen kan ett tredje maskinsystem med två Sennebogen 830E, utrustade med trailer, vara intressant att studera.

## 4.6. Slutsats

Maskinsystem A är mer produktivt än maskinsystem B om köravståndet understiger 95 meter samt att Sennebogen 830E arbetar under omständigheterna att virket aldrig tar slut. Maskinsystemet A är även produktivare under förutsättningarna som råder på Tövaterminalen. Maskinsystem A är också marginellt kostnadseffektivare, främst eftersom det erhåller en högre produktivitet. Körsträckan är den avgörande faktorn och den gynnade främst maskinsystem A vid Tövaterminalen. Noterbart är att båda maskinsystemen spenderar en relativt stor del av den totala tidsåtgången (cirka 15%) på att justera material i grip och välta.

Vid terminaldesign och maskinval måste hänsyn tas till många olika faktorer. Storleken på terminalen och eventuella hinder påverkar körsträckorna. Valet av maskinsystem ger olika möjligheter till utnyttjande av terminalytan. Timmerhanterare med lång räckvidd kan bygga höga virkesvältor och således kräva en mindre terminalyta. Slutligen avgör terminalens struktur, förutsättningar och kapacitet det lämpligaste maskinsystemet.

## 5. REFERENSER

Björklund, M. & Frisch, D. (2016). *En ekonomisk och logistisk analys av utbyggnad och strukturering av lager hos Domsjö fabriker - En dimensionering av Domsjö Fibers lagerytor*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel (Kandidatarbete 2016:8)

GPS Visualizer (u.å). *GPS Visualizer: Do-It-Yourself Mapping*. Tillgänglig: <https://www.gpsvisualizer.com/> [2020-04-09]

Gronalt, M. & Rauch, P. (2018). Analyzing railroad terminal performance in the timber industry supply chain – a simulation study. *International Journal of Forest Engineering*, vol. 29 (3), ss. 162–170 Taylor & Francis.

Josephson, P.-E. & Björkman, L. (2013). Why do work sampling studies in construction? The case of plumbing work in Scandinavia. *Engineering, Construction and Architectural Management*, vol. 20 (6), ss. 589–603 Emerald Group Publishing Limited.

Kardell, L. (2004). *Svenskarna och skogen - från baggböleri till naturvård*. 3500. uppl. Jönköping: Skogsstyrelsen. (Del 2)

Kons, K. (2018). Material Handling Machines at Terminals. *Biohub Infosheet*, (19). Tillgänglig: <http://biofuelregion.se/wp-content/uploads/2018/08/2018-No-19-Material-Handling-Machines-at-Terminals.pdf> [2020-04-16]

Kons, K. (2019). *Management of Forest Biomass Terminals*. Umeå: Swedish University of Agricultural Sciences. (Doctoral Thesis; No. 2019:61)

Lindroos, O. (2018). *Introduktion till skogliga arbetsstudier - med särskilt fokus på tidsstudier*. Umeå: Sveriges lantbruksuniversitet: Studentlitteratur

Nationalencyklopedin (u.åa). *Nuvärde*. Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/nuv%C3%A4rde>

Nationalencyklopedin (u.åb). *Kalkylränta*. Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/kalkylr%C3%A4nta> [2020-04-09]

Nationalencyklopedin (u.åc). *Annuitetsmetoden*. Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig: <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/annuitetsmetoden> [2020-04-28]

- Nationalencyklopedin (u.åd). *Kapitalkostnad*. Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig:  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/kapitalkostnad>  
 [2020-04-09]
- Nationalencyklopedin (u.åe). *Regressionsanalys*. Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig:  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/regressionsanalys>  
 [2020-04-16]
- Nationalencyklopedin (u.åf). *Hawthorne-effekt*. Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig:  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/hawthorne-effekt>  
 [2020-04-16]
- Nationalencyklopedin (u.åh). *Bias*. Uppslagsverk - NE.se. Tillgänglig:  
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/bias> [2020-04-16]
- Nilsson, A. (2011). *Krymper barrmassaved vid lagring?* Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens ekologi och skötsel (Examensarbete 2011:14)
- SCA (u.å). *Virkesanskaffning & virkesterminaler*. Tillgänglig:  
<https://www.sca.com/sv/om-oss/Detta-ar-sca/vara-verksamheter/vara-verksamheter/virkesanskaffning-och-virkesterminaler/> [2020-03-20]
- Sennebogen (u.åa). *Material handler*. Tillgänglig:  
<https://www.sennebogen.com/en/products/material-handler> [2020-04-16]
- Sennebogen (u.åb). *The Company - SENNEBOGEN Maschinenfabrik GmbH*. Tillgänglig: <https://www.sennebogen.com/en/the-company> [2020-03-02]
- Sennebogen (u.åc). *Sennebogen 830E - Mobile material handling machine*. Tillgänglig:  
[https://www.sennebogen.com/fileadmin/8\\_Downloads/8\\_1\\_Umschlagmaschinen/830\\_M\\_MHD\\_MHDS\\_Trailer/830\\_M\\_EN.pdf](https://www.sennebogen.com/fileadmin/8_Downloads/8_1_Umschlagmaschinen/830_M_MHD_MHDS_Trailer/830_M_EN.pdf) [2020-03-02]
- Sennebogen (u.åd). *Log Handling & Timber Harvest* Tillgänglig:  
[https://www.sennebogen.com/fileadmin/8\\_Downloads/BRANCHEN\\_Broschuren/Broschuere\\_Holz/Brochure\\_Holz\\_Timber.pdf](https://www.sennebogen.com/fileadmin/8_Downloads/BRANCHEN_Broschuren/Broschuere_Holz/Brochure_Holz_Timber.pdf) [2020-04-09]
- Skärberg, E. & Sundström, L. (2017). *Lönsamhetsanalys av maskininvestering på virkesterminal*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi (Kandidatarbete 2017:20)
- Spjut, V. (2019). *En analys över Bastuträskterminalens internlogistik*. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogens biomaterial och teknologi (Examensarbete 2019:4)
- Svetruck (u.åa). *Timmerhanterare – Svetruck AB*. Tillgänglig:  
<https://www.svetruck.se/timmerhanterare/> [2020-04-16]

Svetruck (u.åb). *Upptäck Svetruck – Svetruck AB*. Tillgänglig:  
<https://www.svetruck.se/upptack-svetruck/> [2020-03-02]

Svetruck (u.åc). *Svetruck TMF 12/9 SE – Svetruck AB*. Tillgänglig:  
<https://www.svetruck.se/download/svetruck-tmf-12-9-se/> [2020-03-02]

Söderström, J. (2010). *Terminaler - behövs dom?* Sundsvall: Efokus AB. Tillgänglig:  
<https://docplayer.se/4729273-Terminaler-behovs-dom.html> [2020-03-02]

Volvo (u.å). *Hjullastare. Swecon Anläggningsmaskiner*. Tillgänglig:  
<https://www.volvoce.com/sverige/sv-se/swecon/products/wheel-loaders/>  
[2020-04-16]

PcSkog AB (2019). PcSkog (2019.1.1.39). <https://www.pcskog.se/> [2020-02-02]

### **Icke publicerat material**

*Kontakt via personlig kommunikation*

SCA, Björn Andersson, [2020-03-16]

Rolf Antonssons Entreprenad AB, Fredrik Antonsson, [2020-03-09]



# Bilaga 1

	Arbetsmoment i sekunder								
Observation	Lastning av material(s)	Backning med material(s)	Körning framåt med material(s)	Lossning av material(s)	Backning utan material(s)	Körning framåt utan material(s)	Justering av material(s)	Övrigt(s)	Total tid (s)
1	21	11	112	10	23	46	110	0	333
2	14	10	137	10	22	8	20	14	235
3	15	25	106	25	15	13	36	0	235
4	15	8	16	8	14	6	0	29	96
5	15	6	21	9	17	7	27	0	102
6	12	6	15	9	13	8	0	0	63
7	12	7	17	13	15	13	20	0	97
8	13	20	17	7	12	6	0	0	75
9	11	7	16	10	14	0	27	0	85
10	34	12	29	4	9	28	53	63	232
11	12	8	23	13	13	11	0	0	80
12	10	8	20	11	14	12	0	0	75
13	10	10	23	10	11	12	18	0	94
14	17	7	45	7	10	21	0	0	107
15	12	9	34	6	8	23	26	0	118
16	13	9	30	9	7	21	0	0	89
17	17	8	31	21	10	24	0	0	111
18	16	8	25	7	12	38	27	0	133
19	10	7	141	7	4	29	25	45	268
20	17	10	9	13	6	13	0	0	68
21	23	10	5	5	6	13	0	0	62
22	16	13	9	6	10	19	39	0	112
23	17	7	8	0	0	0	0	0	66
24	23	7	10	12	4	10	0	0	
25	34	8	37	4	15	38	0	26	162
26	14	9	11	8	3	9	16	0	70
	Påverkansvariabler								
Observation	Backning med material (m)	Körning framåt med material(m)	Backning utan material(m)	Körning framåt utan material(m)	Total erlagd sträcka(m)	Välthöjd lastning (m)	Välthöjd lossning(m)	Mängd i grip (%)	Mängd i grip (m³)
1	4,8	592	33	212	841,8	5	5,9	100%	15,6
2	11	623	30	10	674	2,1	6,9	100%	15,6
3	40	560	22	12	634	3,2	0	100%	15,6
4	5	19	13	4	41	2,8	0	100%	15,6
5	7	49	46	7	109	3,5	1	100%	15,6
6	7	45	47	8	107	2	0	100%	15,6
7	8	40	35	10	93	2,5	1,5	100%	15,6
8	21	39	39	10	109	4,2	1,5	100%	15,6
9	9	35	35	0	79	1,5	1,5	100%	15,6
10	20	87	24	78	209	0,5	6,2	75%	11,7
11	12	40	23	24	99	3	1	100%	15,6
12	15	30	25	14	84	1,5	1,5	100%	15,6
13	10	32	19	20	81	3,8	1,5	100%	15,6
14	10	69	12	64	155	3	1	100%	15,6
15	9	66	15	70	160	2,6	1	100%	15,6
16	12	67	9	65	153	2,6	1,7	100%	15,6
17	10	65	10	65	150	2	2,8	100%	15,6
18	5	55	19	153	232	0,7	0,5	75%	11,7
19	5	632	4	69	710	2,9	3,9	100%	15,6
20	20	10	10	20	60	5	5	100%	15,6
21	20	10	10	20	60	4,5	5,5	75%	11,7
22	30	10	20	29	89	5	6,5	100%	15,6
23	10	6	0	0	16	1,8	0	50%	7,8
24	10	10	6	10	36	1,8	3,5	75%	11,7
25	20	131	29	119	299	1,8	5,9	25%	3,9
26	18	15	8	10	51	4,5	3,4	100%	15,6

## Bilaga 2

Observation	Arbetsmoment i sekunder							Total tid(s)
	Lastning av material(s)	Kranarbete med material(s)	Lossning av material(s)	Kranarbete utan material(s)	Förflyttning(s)	Justering av material(s)	Övrigt(s)	
1	8	5	3	4	0	0	0	20
2	8	6	4	5	0	0	0	23
3	9	6	3	5	0	0	0	23
4	6	6	4	7	61	16	0	100
5	5	11	6	7	0	0	0	29
6	3	10	6	7	0	0	0	26
7	6	13	6	0	0	23	0	48
8	9	12	12	6	0	0	0	39
9	15	15	5	5	0	0	0	40
10	6	11	6	6	0	0	0	29
11	8	11	13	7	0	0	0	39
12	7	11	7	8	0	0	0	33
13	7	16	9	8	0	0	0	40
14	4	9	7	6	0	0	0	26
15	6	11	6	7	0	0	0	30
16	6	12	6	6	0	16	0	46
17	5	12	7	7	0	0	0	31
18	10	13	8	12	16	0	0	59
19	6	14	9	6	0	9	0	44
20	8	13	8	6	0	5	0	40
21	6	12	7	8	0	20	0	53
22	5	11	6	12	72	0	0	106
23	10	12	7	6	0	10	0	45
24	4	12	9	6	0	0	0	31
25	11	14	6	7	0	28	0	66
26	13	9	7	7	0	18	0	54

Observation	Påverkansvariabler				
	Förflyttning (m)	Välthöjd lastning (m)	Välthöjd lossning (m)	Mängd i grip (%)	Mängd i grip (m3)
1		1	5	100%	4,875
2		1	5,5	100%	4,875
3		1	6	100%	4,875
4	20	1	5	100%	4,875
5		2	9	100%	4,875
6		2	9	100%	4,875
7		1,5	9	100%	4,875
8		2	9,5	100%	4,875
9		1,5	9	100%	4,875
10		2	9	100%	4,875
11		2	9	100%	4,875
12		1,5	9	100%	4,875
13		2	9,5	100%	4,875
14		2	9,5	100%	4,875
15		2	9,5	100%	4,875
16		1,5	9	100%	4,875
17		2	9	100%	4,875
18	10	1,5	9,5	100%	4,875
19		1	9	100%	4,875
20		1,5	9	100%	4,875
21		1	9,5	100%	4,875
22	41	1,5	10	100%	4,875
23		1	8,5	100%	4,875
24		1,5	7	100%	4,875
25		2	9	100%	4,875
26		1,5	9	100%	4,875

## Bilaga 3

Fråga	Svar
Modell, årsmodell och motortyp?	
När införskaffades timmerhanteraren?	
Vilken typ av grip och hur många kvadrat kan den ta?	
Bränsleförbrukning (l/h)?	
Avstånd till service?	
Användningsområde?	
Vinterdäck eller kedjor?	
Hur mycket volym hanterar den?	
Ergonomi och användarvänlighet?	
Omtyckt?	
Övrigt?	
Vilka sortiment hanteras på terminalen?	
Vem äger maskinerna?	
Vilken av maskinerna fungerar bäst vid mycket snö?	
Volymhantering per år?	